

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: B200326003

UDC _____

厦门大学

____博士____学位____论文

几种红树植物叶的解剖学研究

Studies on leaf anatomy of some mangrove species

李元跃

指导教师姓名: 林鹏教授

专业名称: 植物学

论文提交日期: 2006 年 4 月

论文答辩时间: 2006 年 6 月

学位授予日期: 2006 年 月

答辩委员会主席: 黄维南 研究员

评 阅 人: _____

2006 年 6 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

- 1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。
- 2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
1. 前言.....	1
1.1 植物生态解剖学的研究.....	1
1.1.1 生态因子对植物形态结构的影响.....	1
1.1.1.1 温度因子.....	1
1.1.1.2 光因子.....	2
1.1.1.3 水因子.....	4
1.1.1.4 盐因子.....	4
1.1.1.5 污染物.....	5
1.1.2 各种生态类型植物形态结构的研究.....	6
1.1.2.1 旱生植物.....	7
1.1.2.2 水生植物.....	7
1.1.2.3 盐生植物.....	8
1.1.2.4 高寒植物.....	8
1.1.3 利用植物结构特征指示评价生态环境.....	9
1.1.3.1 木材解剖学指示评价环境情况.....	9
1.1.3.2 年轮指示环境污染.....	9
1.2 红树林概况.....	10
1.2.1 红树林的种类和地理分布.....	10
1.2.2 红树植物的起源和地质分布.....	12
1.2.3 红树植物的生境.....	13
1.2.3.1 潮区与红树植物分布.....	13
1.2.3.2 红树林土壤的基本性质.....	14
1.2.4 红树植物对生境的适应.....	16
1.2.4.1 对高盐度生境的适应.....	16
1.2.4.2 根的特化.....	17

1.2.4.3 对光的适应·····	17
1.2.4.4 胎生·····	17
1.2.5 红树植物叶片发育·····	18
1.2.5.2 叶片肉质性·····	18
1.2.5.2 植物维持体内盐分平衡的途径·····	20
1.2.6 中国红树植物生态解剖学研究综述·····	22
1.2.6.1 中国红树植物形态结构的研究·····	22
1.2.6.2 生态因子对中国红树植物形态结构的影响·····	24
1.3 本论文研究的目的意义和主要内容 ·····	27
2. 材料与方法·····	29
2.1 实验材料·····	29
2.2 研究地区自然地理条件概况·····	29
2.2.1 中国沿海不同纬度红树植物的采样点·····	29
2.2.2 福建九龙江口不同土壤理化因子红树植物的采样点·····	31
2.3 人工栽培条件下不同盐度处理秋茄幼苗生长的研究·····	33
2.3.1 栽培材料·····	33
2.3.2 温室栽培·····	33
2.3.3 采集样品的测定·····	33
2.4 实验方法·····	34
2.4.1 石蜡制片·····	34
2.4.2 扫描电镜制片·····	34
2.4.3 土壤取样方法和土壤理化指标测定·····	34
2.5 数据统计·····	35
附录 I 红树植物种类的中英文名称、英文缩写及叶片解剖结构特征 的中英文名称、英文缩写和单位·····	36
3. 结果与讨论·····	38
3.1 福建七种红树植物叶的形态解剖·····	38
3.1.1 样地土壤理化因子分析·····	38
3.1.2 秋茄叶的形态结构特征·····	39

3.1.3	红海榄叶的形态结构特征·····	40
3.1.4	木榄叶的形态结构特征·····	41
3.1.5	桐花树叶的形态结构特征·····	41
3.1.6	白骨壤叶的形态结构特征·····	43
3.1.7	老鼠簕叶的形态结构特征·····	43
3.1.8	无瓣海桑叶的形态结构特征·····	44
3.1.9	福建七种红树植物叶片结构的数量特征比较·····	46
3.1.10	小结·····	55
3.2	红树科植物叶的解剖结构特征与陆海迁移进化的关系·····	57
3.2.1	样地土壤理化因子分析·····	57
3.2.2	红树科植物叶的解剖结构特征·····	57
3.2.2.1	红树属·····	57
3.2.2.2	角果木属·····	58
3.2.2.3	木榄属·····	59
3.2.2.4	秋茄属·····	61
3.2.2.5	竹节树属·····	61
3.2.2.6	山红树属·····	62
3.2.3	红树科植物叶片结构的数量特征比较·····	64
3.2.4	红树科植物叶的结构的生物学和生态学意义·····	71
3.2.4.1	红树科植物叶的结构特征应用于属、种的鉴定·····	71
3.2.4.2	红树植物的陆海迁移进化·····	71
3.3	榄李属 (<i>Lumnitzera</i>) 红树植物叶的解剖·····	75
3.3.1	样地土壤理化因子分析·····	75
3.3.2	榄李属红树植物叶的解剖结构特征·····	75
3.3.3	榄李属红树植物叶片结构的数量特征比较·····	77
3.3.4	榄李属红树植物叶的解剖结构的生物学和生态学意义·····	80
3.4	海桑属 (<i>Sonneratia</i>) 红树植物叶的形态解剖·····	82
3.4.1	样地土壤理化因子分析·····	82
3.4.2	海桑属红树植物叶的解剖结构特征·····	82

3.4.3	海桑属红树植物叶片结构的数量特征比较·····	86
3.4.4	海桑属红树植物叶的解剖结构特征应用于种的鉴定·····	90
3.5	秋茄叶片结构的生态解剖·····	92
3.5.1	不同纬度条件下秋茄叶片结构的生态解剖·····	92
3.5.1.1	秋茄叶片结构的数量特征随纬度梯度变动的关系·····	92
3.5.1.2	小结·····	98
3.5.2	九龙江口沿岸不同土壤理化因子条件下秋茄叶片结构的生态解剖·····	102
3.5.2.1	不同样地土壤理化因子分析·····	102
3.5.2.2	秋茄叶片结构的数量特征随土壤理化因子梯度变动的关系·····	103
3.5.2.3	小结·····	104
3.5.3	人工砂培条件下盐度对秋茄幼苗生长和叶片结构数量特征的影响·····	106
3.5.3.1	砂培条件下盐度对秋茄幼苗生长的形态特征的影响·····	106
3.5.3.2	砂培条件下盐度对秋茄幼苗成熟叶片结构数量特征的影响·····	111
3.5.3.3	砂培条件下盐度对秋茄幼苗成熟叶片色素含量和单宁含量的影响·····	120
3.5.3.4	砂培条件下完全营养液对秋茄幼苗成熟叶片结构数量特征的影响·····	122
3.5.3.5	小结·····	124
3.6	白骨壤叶片结构的生态解剖·····	125
3.6.1	不同纬度条件下白骨壤叶片结构的生态解剖·····	125
3.6.1.1	白骨壤叶片结构的数量特征随纬度梯度变动的关系·····	125
3.6.1.2	小结·····	130
3.6.2	九龙江口沿岸不同土壤理化因子条件下白骨壤叶片结构的生态解剖·····	134
3.6.2.1	不同样地土壤理化因子分析·····	134
3.6.2.2	白骨壤叶片结构的数量特征随土壤理化因子梯度变动的关	

系.....	135
3.6.2.3 小结.....	136
3.7 桐花树叶片结构的生态解剖.....	137
3.7.1 不同纬度条件下桐花树叶片结构的生态解剖.....	137
3.7.1.1 桐花树叶片结构的数量特征随纬度梯度变动的关系.....	137
3.7.1.2 小结.....	143
3.7.2 九龙江口沿岸不同土壤理化因子条件下桐花树叶片结构的生态解剖.....	147
3.7.2.1 不同样地土壤理化因子分析.....	147
3.7.2.2 桐花树叶片结构的数量特征随土壤理化因子梯度变动的关系.....	148
3.7.2.3 小结.....	149
4.结论及展望.....	153
参考文献.....	159
图版说明.....	171
图版.....	180
致谢.....	207

Content

Abstract (in Chinese)	I
Abstract (in English)	III
1. Introduction	1
1.1 Advances in plant biological anatomy	1
1.1.1 Influences of ecological factors on form and structure of plants.....	1
1.1.1.1 Temperature	1
1.1.1.2 Light	2
1.1.1.3 Water	4
1.1.1.4 Salt	4
1.1.1.5 Contamination.....	5
1.1.2 Study on form and structure of various ecotype of plants.....	6
1.1.2.1 Xerophil.....	7
1.1.2.2 Water plant.....	7
1.1.2.3 Halophyte.....	8
1.1.2.4 Psychrophyte.....	8
1.1.3 Estimation of environment using structural feature of plants	9
1.1.3.1 Estimation of status of environmentby characteristics of wood anatomy.	9
1.1.3.2 Estimation of S environmental pollution with ring.....	9
1.2 Survey of mangroves	10
1.2.1 pecies and geographic distribution of mangroves.....	10
1.2.2 Origin and geologic distribution of mangroves.....	12
1.2.3 Habitat of mangroves.....	13
1.2.3.1 Tide and distribution of mangroves.....	13
1.2.3.2 Soil properties of mangroves.....	14
1.2.4 Adaption to habitat of mangroves.....	16
1.2.4.1 high salinity	16
1.2.4.2 specialization_of roots.....	17
1.2.4.3 Adaption to light.....	17

1.2.4.4	Viviparity.....	17
1.2.5	Growth of leaves of mangroves.....	18
1.2.5.1	Fleshy leaf.....	18
1.2.5.2	Approach of keep balanceable on salinity of plants.....	20
1.2.6.	Review on ecological anatomy research of mangroves in China..	22
1.2.6.1	Study on form and structure of mangroves in China.....	22
1.2.6.2	Influences of ecological factors on form and structure of mangroves in China.....	24
1.3	Purpose and main content of present study.....	27
2.	Materials and methods.....	29
2.1	Experimental materials.....	29
2.2	Survey of the study site.....	29
2.2.1	Geographical locations of different latitude from where samples were collected in inshore of China.....	29
2.2.2	Geographical locations having different physical and chemical properties of soils from where samples were collected in Jiulong estuary in Fujian of China.....	31
2.3	Study of on the growth of <i>Kandelia candel</i> seedlings in different soils of salinity.....	33
2.3.1	Growth materials.....	33
2.3.2	planting in green house.....	33
2.3.3	Measurement of samples.....	33
2.4	Experimental methods.....	34
2.4.1	Paraffin method.....	34
2.4.2	Scanning electron microscope production.....	34
2.4.3	Methods of sampling and measurement of soil physical and chemical properties.....	34
2.5	Statistical analysis.....	35
Excursus I Name of Chinese-English and English abbreviation		

of mangrove species and anatomy tructure.....	36
3. Results and discussion.....	38
3.1 Form and anatomize of leaves of 7 mangrove species in Fujian.....	38
3.1.1 Soil physical and chemical properties in sampling plots.....	38
3.1.2 Features on form and structure of leaves of <i>Kandelia candel</i>	39
3.1.3 Features on form and structure of leaves of <i>Rhizophora stylosa</i>	40
3.1.4 Features on form and structure of leaves of <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	41
3.1.5 Features on form and structure of leaves of <i>Aegiceras or niculatum</i>	41
3.1.6 Features on form and structure of leaves of <i>Avicennia marina</i> ...	43
3.1.7 Features on form and structure of leaves of <i>Acanthus ilicifolius</i> .	43
3.1.8 Features on form and structure of leaves of <i>Sonneratia apetala</i> .	44
3.1.9 Comparison on number of tissue layers of leaves of 7 mangrove species in Fujian.....	46
3.1.10 Summary.....	55
3.2 Relationship between anatomic features of leaves of Rhizophorsceae and transport or evolution of land and sea.....	57
3.2.1 Soil physical and chemical properties in sampling plots.....	57
3.2.2 Features on anatomize structure of leaves of Rhizophorsceae.....	57
3.2.2.1 <i>Rhizophora</i>	57
3.2.2.2 <i>Ceriops</i>	58
3.2.2.3 <i>Bruguiera</i>	59
3.2.2.4 <i>Kandelia</i>	61
3.2.2.5 <i>Carallia</i>	61
3.2.2.6 <i>Pellacalyx</i>	62
3.2.3 Comparison on number of tissue layers of leaves of Rhizophorsceae...	64
3.2.4 Biological and ecological significances of structure of leaves of Rhizophorsceae.....	71
3.2.4.1 Identification of genus and species by features on anatomize structure of leaves of Rhizophorsceae.....	71

3.2.4.2	Transport or evolution of land and sea of mangrove species.....	71
3.3	Anatomic features of leaves of mangrove species, <i>Lumintzera</i>.....	75
3.3.1	Soil physical and chemical properties in sampling plots.....	75
3.3.2	Features on anatomize structure of leaves of <i>Lumintzera</i>	75
3.3.3	Comparison on number of tissue layers of leaves of <i>Lumintzera</i>	77
3.3.4	Biological and ecological significances of structure of leaves of <i>Lumintzera</i>	80
3.4	Anatomic Features of leaves of mangrove species, <i>Sonneratia</i>.....	82
3.4.1	Soil physical and chemical properties in sampling plots.....	82
3.4.2	Features on anatomize structure of leaves of <i>Sonneratia</i>	82
3.4.3	Comparison on number of tissue layers of leaves of <i>Sonneratia</i>	86
3.4.4	Identification of species by features on anatomize structure of leaves of <i>Sonneratia</i>	90
3.5	Ecological structure of leaves of <i>K.candel</i>.....	92
3.5.1	Ecological structure of leaves of <i>K.candel</i> in different latitude.....	92
3.5.1.1	Relationship between number of tissue layers of leaves of <i>K.candel</i> and the latitude.....	92
3.5.1.2	Summary.....	98
3.5.2	Ecological structure of leaves of <i>K.candel</i> in different soil physical and chemical properties in Jiulongjiang estuary.....	102
3.5.2.1	Soil physical and chemical properties in sampling plots.....	102
3.5.2.2	Relationship between number of tissue layers of leaves of <i>K.candel</i> and different soil physical and chemical properties.....	103
3.5.2.3	Summary.....	104
3.5.3	Influence of salinity on the growth and number of tissue layers of leaves of <i>Kandelia candel</i> seedling in sand culture.....	106
3.5.3.1	Influence of salinity on form features of the growth of <i>Kandelia candel</i> seedlings in sand culture.....	106
3.5.3.2	Influence of salinity on number of tissue layers of mature leaves of <i>Kandelia candel</i> seedlings in sand culture.....	111

3.5.3.3	Influence of salinity on contents of pigment and dainin of mature leaves of <i>K.candle</i> seedlings in sand culture.....	120
3.5.3.4	Influence of full of nutrient fluid on number and thickness of tissue layers of mature leaves of <i>K.candle</i> seedlings in sand culture...	122
3.5.3.5	Summary.....	124
3.6	Ecological structure of leaves of <i>A.marina</i>.....	125
3.6.1	Ecological structure of leaves of <i>A.marina</i> in different latitude....	125
3.6.1.1	Changes of number of tissue layers of leaves of <i>A.marina</i> with the latitude.....	125
3.6.1.2	Summary.....	130
3.6.2	Ecological structure of leaves of <i>A.marina</i> in different soil physical and chemical properties in Jiulongjiang estuary.....	134
3.6.2.1	Soil physical and chemical properties in sampling plots....	134
3.6.2.2	Change of number of tissue layers of leaves of <i>A.marina</i> with different soil physical and chemical properties.....	135
3.6.2.3	Summary.....	136
3.7	Ecological structure of leaves of <i>A.corniculatum</i>.....	137
3.7.1	Ecological structure of leaves of <i>A.corniculatum</i> in different latitude.....	137
3.7.1.1	Change of number of tissue layers of leaves of <i>A.corniculatum</i> with the latitude.....	137
3.7.1.2	ummary.....	143
3.7.2	Ecological structure of leaves of <i>A.corniculatum</i> in different physical and chemical properties of soils in Jiulongjiang estuary.....	147
3.7.2.1	Soil physical and chemical properties in sampling lots.....	147
3.7.2.2	Change of number of tissue layers of leaves of <i>A.corniculatum</i> with different soil physical and chemical properties.....	148
3.7.2.3	Summary.....	149

4. Conclusion and expectation	153
Reference.....	159
Explanations to plates.....	171
Plate.....	180
Acknowledge.....	207

摘 要

本文研究了红树科、使君子科、海桑科、紫金牛科、马鞭草科、爵床科等 18 种红树植物和 2 种红树科陆生非红树植物的叶片解剖特征。通过光学显微镜、扫描电子显微镜、激光扫描共聚焦显微镜的观察,详细描述和统计了研究植物的叶片结构特征和数量特征,根据观测结果,讨论了 20 种研究植物的系统学、分类学、生态学意义。同时对秋茄、白骨壤、桐花树 3 种红树植物叶的解剖结构与土壤理化因子、纬度的相互关系进行了研究,利用统计分析方法,分析了种内叶片结构数量特征的不同与纬度和土壤理化因子的关系。从而为红树植物的生态功能、分类、生境、系统进化地位、移栽以及湿地保护等方面提供重要的依据。

1. 首次系统研究了中国福建 7 种红树植物的叶片形态特征、解剖特征和结构数量特征。总结出红树植物叶片结构具有表皮细胞较小、一般具有内皮层结构、气孔下陷、栅栏组织发达、中脉维管束发达、富含单宁的共同特征,首次发现气孔也是红树植物可以排出盐分的一条途径,具体的排出机制有待于进一步探讨。

2. 首次系统地进行了中国红树科 7 种红树植物与 2 种非红树植物的叶片解剖特征和结构数量特征比较研究。结果表明:①同是红树科的植物中,海生红树植物与陆生非红树植物的叶片结构特征具有显著的差异性,其差异性主要与适应环境有关;②红海榄和红树叶片结构中有皮孔排水器结构,角果木和秋茄叶片结构中有木栓瘤结构,首次提出红树植物叶中的皮孔排水器和木栓瘤结构在种的分类中的出现及其与周围环境的影响有关;③从叶片解剖学的证据支持了把尖瓣海莲确定为海莲的变种;④首次根据叶片结构特征制定出 9 种红树科植物种的分类检索表;⑤通过对海生和陆生红树科植物叶片比较解剖学的研究,首次提出了红树植物陆海迁移进化的二元性起源,否认了红树植物单独海源性或陆源性的观点,也否认了过去通常所说的海生红树植物是直接由陆生植物被挤压入海的猜想。

3. 用叶片比较解剖学的证据支持了对榄李和红榄李生态隔离现象的解释。

4. 首次系统报道了中国现有海桑属所有种的叶片解剖特征和结构数量特征。总结出海桑属红树植物叶片结构除海南海桑外其余 5 种叶片都为完全等面叶,没有内皮层结构,海绵组织特化为贮水组织,栅栏组织中散布着贮水细胞的共同特征,并根据叶片结构特征首次制定出 6 种海桑属植物种的分类检索表。

5. 纬度、土壤理化因子、盐度和完全营养液与秋茄叶片结构数量特征的关系表明：①研究范围内秋茄叶片各组织的数量特征与纬度都不存在显著的相关性 ($P>0.05$)。②研究范围内秋茄叶片各组织的数量特征只有与土壤理化因子 K^+ 、 Na^+ 、 Mn^{2+} 、土壤全盐量、 Cl^- 、全 N 含量等存在显著相关性 ($P<0.05$)，而与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、PH 值、全 P 和有机质含量等没有显著的相关性 ($P>0.05$)。③人工栽培条件下盐度对秋茄幼苗生长和叶片结构数量特征的关系表明，在一定盐度范围内，A. 在培养基不加完全营养液时，只有叶片的上角质层厚度、下角质层厚度及总缩合单宁含量与培养基盐度呈显著的相关性 ($P<0.05$)。B. 在培养基有加完全营养液时，只有叶片的上内皮层厚度、下表皮厚度及叶片面积大小与培养基盐度呈显著的相关性 ($P<0.05$)。④完全营养液除对秋茄幼苗成熟叶片结构的上角质层厚度和总缩合单宁含量有抑制外，对秋茄幼苗成熟叶片的生长和色素含量均有促进作用，表现了明显的正刺激效应。

6. 纬度和土壤理化因子与白骨壤叶片结构数量特征的关系表明：①研究范围内白骨壤叶片各组织的数量特征与纬度都不存在显著的相关性 ($P>0.05$)。②研究范围内白骨壤叶片各组织的数量特征只有与土壤理化因子 Na^+ 和 Mn^{2+} 含量存在显著相关性 ($P<0.05$)，而与 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、全盐量、 Cl^- 、PH 值、全 P、有机质和全 N 含量等没有显著的相关性 ($P>0.05$)，盐度和 Cl^- 为何相关不显著，有待于进一步研讨。

7. 纬度和土壤理化因子与桐花树叶片结构数量特征的关系表明：①研究范围内，桐花树叶片下表皮厚度、叶片含水量与纬度成显著相关 ($P<0.05$)，其余桐花树叶片各组织的数量特征与纬度都不存在显著的相关性 ($P>0.05$)。②研究范围内桐花树叶片各组织的数量特征只有与土壤理化因子 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 、土壤 PH 值、有机质含量等存在显著相关性 ($P<0.05$)，而与 K^+ 、全盐量、 Cl^- 、全 P 和全 N 含量等没有显著的相关性 ($P>0.05$)，盐度和 Cl^- 为何相关不显著，有待于进一步研讨。

关键词：红树植物；叶片解剖；生态解剖

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库